

# PEMBUATAN MEMBRAN BIOSELULOSA UNTUK BAHAN TEKSTIL TEKNIK DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MEMBRAN AKUSTIK

## PREPARATION OF BIOCELLULOSE MEMBRANE AS TECHNICAL TEXTILE AND ITS USE AS ACOUSTIC MEMBRANE

Oleh : Zubaidi, Cica Kasipah

Balai Besar Tekstil

Jl. A. Yani No. 390 Bandung Telp. 022.7206214-5 Fax. 022.7271288

E-mail : texirdti@bdg-centrin.net.id

Tulisan diterima : 8 Agustus 2011 Selesai diperiksa : 22 Desember 2011

### ABSTRAK

Pembuatan membran bioselulosa telah dilakukan dengan variasi konsentrasi bakteri *Acetobacter xylinum*, glukosa, dan pH. Propagasi pembentukan bioselulosa diamati setiap hari selama 14 hari. Terminasi dilakukan menggunakan dua cara yaitu penetralan cepat dengan alkali lemah (natrium karbonat) dan penetralan lambat menggunakan sirkulasi air selama 2 hari. Pembuatan tekstil teknik dalam bentuk non-woven berupa membran dilakukan dengan cara pengepresan panas pada tekanan 3000 psi. Pengujian yang dilakukan meliputi kekuatan tarik, ketebalan membran dan kecepatan suara, dan sebagai pembandingan digunakan membran selulosa komersial. Dari hasil uji diketahui bahwa membran bioselulosa dapat digunakan tekstil teknik berupa produk non-woven dengan sifat yang bervariasi (elastis, larut dan tidak larut). Sifat fisik terbaik adalah bioselulosa larut dengan kekuatan 41,45 N, mulur 16,51%, dan tenacity 414,51 cN.Tex. Terminasi perlahan-lahan dengan perendaman dapat meningkatkan sifat fisik lebih baik dibanding penetralan cepat menggunakan natrium karbonat. Pemanfaatan membran bioselulosa larut sebagai membran akustik mempunyai kestabilan yang paling baik dengan nilai modulus Young sekitar 24,98 N/mm<sup>2</sup> dan kecepatan suara 4532 m/detik.

**Kata Kunci :** tekstil teknik, air kelapa, bioselulosa, membran akustik

### ABSTRACT

A research on preparation of membrane bio-cellulose has been done with varying the concentration of bacteria *Acetobacter xylinum*, glucose, and pH. Propagation biocellulose formation was observed every day for 14 days. Terminations was carried out using two methods, i.e. rapid neutralization with a weak alkali (sodium carbonate) and slow neutralization using circulation of water for 2 days. Then, making of technical textiles in the form of non-woven membranes were made by hot pressing at a pressure of 3000 psi. Testing was performed including tensile strength, the thickness of the membrane and sound velocity, and a commercial cellulose membrane was used as a comparison. From the test results show that biocellulose membrane can be used as technical textile in the form of non-woven products with varied properties (elastic, soluble and insoluble). The highest of physical properties was soluble bio-cellulose with force 414,51 N, elongation 16,51%, and tenacity 4141,51 cN.Tex. Slow termination with immersion can improve the physical properties better than rapid neutralization with sodium carbonate. The use of soluble bio-cellulose membrane has the best properties as an acoustic membrane where its Young's Modulus and sound velocity are about 24.98 N/mm<sup>2</sup>, 4532 m/sec respectively.

**Keywords:** technical textile, coconut water, bio-cellulose, acoustic membrane

### PENDAHULUAN

Tekstil Teknik adalah tekstil yang dibuat untuk kebutuhan teknik yang sifatnya lebih mementingkan fungsi dari pada faktor estetikanya (keindahan). Oleh karena itu sifat fisik dan mekanik tekstil teknik sangat diutamakan. Penelitian dan pengembangan tekstil teknik pada beberapa tahun terakhir ini berkembang sangat cepat dan meluas pada berbagai industri. Tekstil teknik dapat dibuat melalui banyak cara diantaranya pertununan, perajutan, kempa, dan pembuatan non-woven lainnya. Beberapa produk tekstil teknik yang telah banyak diproduksi diantaranya tekstil otomotif, tekstil medis, geotextiles, agrotexiles,

tekstil pelindung, tekstil olah raga, tekstil antariksa, tekstil teknis untuk sound system, dan lain sebagainya.

Air kelapa banyak dihasilkan di Indonesia tetapi belum banyak dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Pemanfaatan air kelapa yang dilakukan oleh masyarakat selama ini ialah dibuat bahan penyedap minuman ringan dengan memanfaatkan bakteri jenis *Acetobacter* dengan nama dagang *nata de coco* yang banyak dijual di pasaran dengan harga yang relatif murah. *Bioselulosa* adalah polimer selulosa yang pembentukannya dilakukan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dari glukosa pada media air kelapa, air limbah tahu, air

limbah nenas, dan sebagainya. Polimer tersebut mulai banyak diperhatikan oleh kalangan ilmuwan sejak diketahuinya bahan tersebut mempunyai sifat mekanik yang baik.<sup>1</sup>

Di Jepang bioselulosa dibuat menjadi bahan *flexible display* yang tipis, kuat, tahan panas, berbobot ringan, dan fleksibel.<sup>2</sup> Bahan tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai *flexible mobil display*, *e-books*, *e-newspaper*, *e-posters*, dan produk baru lainnya. Indrarti dkk.<sup>3</sup> telah memanfaatkan bioselulosa untuk membran akustik sebagai diafragma *loud speaker*, peningkatan sifat mekanik dilakukan menggunakan larutan alkali (NaOH) dan atau NaClO, dan setelah diuji kecepatan suaranya mempunyai *sound velocity* 4522,67 m/detik dan mempunyai modulus Young sampai 23,5 GPa. Dari penelitiannya mereka beranggapan bahwa membran *loud speaker* dari bioselulosa lebih prospektif dibanding membran dari kertas selulosa. Namun demikian, belum diketahui kestabilan diafragma *loud speaker* tersebut.

Fungsi membran akustik sebagai diafragma *loud speaker* pada *sound system* ialah mengubah energi akustik (suara) menjadi energi elektrik atau sebaliknya. Membran yang baik ialah yang dapat memberikan getaran dengan frekuensi tinggi serta mempunyai kestabilan yang baik. Untuk mendapatkan frekuensi yang tinggi membran *loud speaker* harus mempunyai kecepatan suara yang tinggi, sedangkan untuk mendapatkan kestabilan polimer yang baik bahan harus mempunyai struktur supermolekuler terutama kristalinitas yang baik. Raghavendra R, dkk.<sup>4</sup> menyatakan bahwa kristalinitas sangat berpengaruh terhadap kekerasan, modulus, kekuatan Tarik, titik leleh dan lain-lain. Menurut beberapa sumber lain,<sup>5,6,7</sup> kestabilan polimer dapat ditentukan atau diukur dari sifat mekaniknya, kekuatan tarik, ketahanan panas, pengaruh oksigen, dan pengaruh dari luar lainnya. Makin baik sifat fisik yang dimilikinya (kekuatan, *young modulus*, *work to rupture*) makin baik pula sifat ketahanannya.

Membran *loud speakers* yang banyak dipasaran menggunakan bahan selulosa yang dalam pemakaian jangka panjang sering mengalami penurunan kualitas suaranya. Membran bioselulosa dan membran/kertas selulosa mempunyai persamaan dan perbedaan. Persamaannya, keduanya merupakan polimer selulosa, sedangkan perbedaannya terletak pada proses pembuatan polimernya. Membran bioselulosa dibuat oleh bakteri selulosa *Acetobacter xylinum* dari glukosa pada media tertentu. Pada penelitian ini media yang digunakan adalah air kelapa dan dalam suasana asam. Oleh karena prosesnya melalui mikrobiologi, maka banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor yang ada dalam media tersebut diantaranya konsentrasi glukosa, kondisi pH dan media air kelapa. Berbeda dengan membran/kertas selulosa dibuat oleh industri kimia yang polimernya diambil dari kayu yang dimurnikan dan dibuat *pulp* dan selanjutnya dibuat membran

melalui penyaringan dan pengadukan menggunakan peralatan tertentu.

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan membran bioselulosa dengan memvariasikan konsentrasi bakteri, glukosa dan pH. Waktu pertumbuhan (*propagasi*) diamati setiap hari sampai 14 hari. *Terminasi* dilakukan dengan dua cara yaitu secara cepat (*quenching*) menggunakan alkali lemah (natrium karbonat) dan secara perlahan-lahan dan alami menggunakan sirkulasi air selama 2 hari dengan harapan hasilnya lebih elastis dan lebih sempurna.

## METODA

Penelitian dilakukan dengan percobaan skala laboratorium dengan memvariasikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pembentukan bioselulosa untuk mendapatkan membran yang bervariasi dan resep yang optimal. Bioselulosa yang dihasilkan dibuat tekstil teknik dan diuji sifat fisiknya diantaranya kekuatan mulur, *work of rupture*, dan *tenacity*, kecepatan suara, dan modulus Young.

### Bahan

- Limbah air kelapa, *Acetobacter xylinum*, asam asetat teknis, glukosa, amonium sulfat teknis.
- Membran *loud speaker* selulosa di pasaran berupa produk non-woven dengan tebal 0,23 mm, sebagai produk pembanding

### Peralatan

Alat press dilengkapi pemanas dan ukuran tekanan, kompor gas elpiji, panci stainless, saringan Tess Sieve T 40, kertas pH, peralatan gelas lengkap.

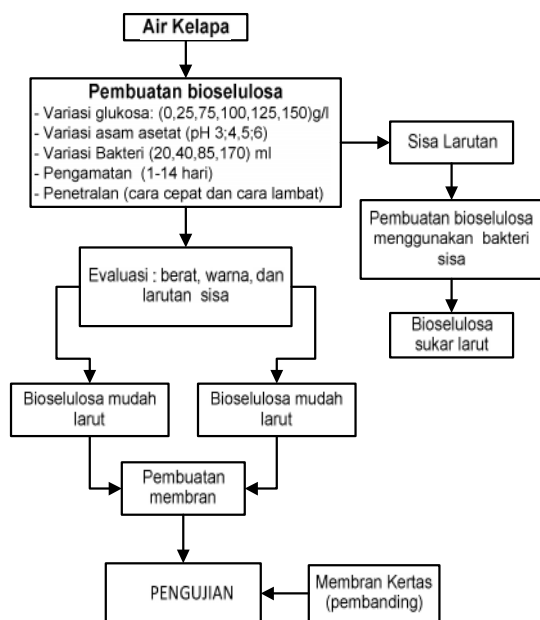
### Cara kerja :

Air kelapa dibersihkan dari kotoran dengan cara disaring lalu dipanaskan sampai mendidih. Selanjutnya didinginkan untuk digunakan sebagai media. Air kelapa yang telah dingin sebanyak 1 liter dicampurkan dengan gula sesuai variasi, amonium sulfat 5 g, dan asam asetat sampai mencapai pH tertentu dan selanjutnya diaduk sampai merata. Larutan ditambahkan *Acetobacter xylinum* dengan variasi konsentrasi dan diaduk kembali sampai merata. Pengamatan selama *propagasi* dilakukan selama 14 hari dan diamati mulai hari pertama sampai proses *terminasi*. Variasi penggunaan zat-zat dilakukan untuk mengetahui bioselulosa yang dihasilkan. Penetrasi dilakukan secara cepat menggunakan alkali lemah (natrium karbonat) dan penetrasi alami menggunakan sirkulasi air selama 2 hari. Untuk membuat membran dilakukan pengepresan dengan alat press pada tekanan 3000 psi dikeringkan dan dilakukan pengujian.

### Pengujian

Pengujian Kekuatan tarik dilakukan menggunakan standar SNI 08-0314-1989, dan ISO No. 0276-2009. Ketebalan membran dilakukan dengan alat Thickness Gauge CR-10A, sedangkan pengujian suara dengan menggunakan alat Sound Level Meter RION NL 20.

## Diagram Penelitian



Gambar 1. Diagram Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Pembuatan Polimer Bioselulosa

Dari pengamatan pembentukan bioselulosa oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dari hari ke hari sukar diamati perubahannya. Hal ini disebabkan karena perubahan yang dilakukan oleh mikrobiologi tersebut relatif lambat dan sifatnya sangat peka terhadap kontaminasi berupa mikroba (jamur, bakteri) dan goncangan. Oleh karena itu pengamatan harus dilakukan secara hati-hati karena banyaknya goncangan dan kontaminasi menyebabkan kegagalan. Pembentukan bioselulosa secara visual terlihat jelas pada hari ke 14 seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perkembangan Pembentukan Bioselulosa pada hari ke 1 (kiri) dan hari ke 14 (kanan).

Pembentukan bioselulosa berlangsung secara bertahap dan dimulai dari bagian teratas yang dilanjutkan pada lapisan di bawahnya secara gradasi. Hal tersebut disebabkan oleh keberadaan oksigen dari udara yang bersinggungan dengan bakteri yang ada di permukaan. Pada hari pertama lapisan polimer belum terlihat, dan pada hari ke 3, 4, dan ke 5 mulai kelihatan seperti gel. Pada hari ke 7 pertumbuhan

ketebalan tidak terlihat secara signifikan karena bakteri di dalam larutan tidak dapat memanfaatkan oksigen dari udara secara bebas, sehingga pertumbuhannya sangat lambat. Faktor lain yang mungkin terjadi karena persediaan glukosa mulai berkurang, atau perubahan kondisi larutan pH yang juga ikut berubah. Polimer yang terjadi berwarna putih bening, selanjutnya cenderung kekuningan pada hari ke 12.

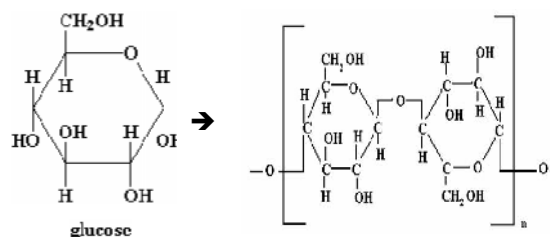
Pada pembuatan bioselulosa menggunakan konsentrasi 40 ml/l *Acetobacter xylinum* dengan kondisi yang sama, menunjukkan pertumbuhan yang relatif lambat, dan bioselulosa yang dihasilkan sangat transparan. Selanjutnya, pemberian *Acetobacter xylinum* yang cukup banyak sampai dua kali lipat (170 ml/l) tidak mempengaruhi kecepatan pembentukan bioselulosa. Hal tersebut terlihat dari pemberian *Acetobacter xylinum* sebanyak 85 ml/l pada kondisi yang sama, keduanya secara visual tidak ada perbedaan, pengamatan tersebut sudah terlihat jelas pada hari ke tujuh. Dari hasil tersebut berarti pertumbuhan bioselulosa tidak dapat dipercepat dengan menambahkan jumlah bakteri dalam larutan.

## Pengaruh pH

Pembuatan bioselulosa dilakukan dengan variasi pH, yaitu 3, 4, 5, dan 6, dengan menggunakan asam asetat. Percobaan dilakukan pada konsentrasi *Acetobacter xylinum* 85 ml/l, gula 100 g/l, dan amonium sulfat 5 g/l. Dari pengamatan menunjukkan bahwa suasana yang sangat asam pH 3 adalah yang paling cepat dalam pembentukan polimernya, hal tersebut sudah terlihat pada hari ke 5. Pada suasana pH 4 pembentukan bioselulosa mulai terlihat jelas pada hari ke 6, sedangkan pada suasana pH 5, pH 6 dan pH 7 (suasana netral) tidak terjadi pembentukan polimer (bioselulosa).

## Pengaruh Glukosa

Penambahan glukosa yang sangat sedikit (50 g/l) dengan *Acetobacter xylinum* 85 ml/l, dan amonium sulfat 5 g/l. pada pH 3, masih bisa terjadi pembentukan bioselulosa tetapi pada hari-hari berikutnya hampir tidak ada perkembangan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan polimer bioselulosa sangat dipengaruhi oleh kandungan gula yang terdapat dalam larutan. Terjadinya polimerisasi glukosa menjadi selulosa adalah berdasarkan reaksi sebagai berikut :<sup>8</sup>



Apabila proses pertumbuhan (propagasi) dalam kondisi optimal (pH 3), cukup glukosa, dan cukup oksigen, maka reaksi akan berjalan dengan sempurna, sehingga seluruh glukosa akan diubah

menjadi bioselulosa dengan panjang polimer sebanyak  $n$  kali. Dari reaksi tersebut, ketersediaan gula adalah sangat penting untuk membentuk polimer dengan angka “ $n$ ” yang tinggi.

Penetrasi (*terminasi*) yang dilakukan secara perlahan-lahan melalui perendaman memberikan hasil sedikit lebih berat kurang lebih 2% dan cenderung lebih elastis dibanding hasil yang terminasinya dilakukan dengan penetrasi singkat menggunakan natrium karbonat. Hal tersebut disebabkan karena selama 2 hari dalam perendaman tersebut proses pertumbuhan (*propagasi*) masih tetap berlangsung sehingga meningkatkan beratnya. Dalam suatu bahan polimer atau serat, panjang rantai polimer (berat molekul) banyak berpengaruh pada kekuatannya, yaitu makin tinggi berat molekulnya, makin tinggi kekuatannya, demikian pula sebaliknya makin rendah berat molekulnya makin rendah pula kekuatannya.<sup>9</sup>

Pada pemakaian glukosa yang cukup (100 g/l) hasil pembentukan bioselulosa memberikan berat yang paling tinggi dengan warna putih dan meninggalkan sisa larutan yang minimal. Pada pembuatan bioselulosa menggunakan glukosa yang lebih banyak yaitu 125 g/l atau 150 g/l pembentukan bioselulosa masih tetap terjadi, dengan warna sedikit keruh. Semakin tinggi konsentrasi gula menyebabkan warna bioselulosa cenderung kekuning-kuningan, lebih elastis, dan cenderung lebih mudah larut. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh glukosa di dalam polimer ikut mempengaruhi kerapatan bioselulosa sehingga tidak padat (solid).

#### Pemeliharaan *Acetobacter xylinum*

Limbah atau sisa proses pembuatan bioselulosa dapat dikembangkan biakkan untuk digunakan kembali pada proses selanjutnya. Cara mengembangkan biakkan dilakukan dengan menambahkan air murni, asam dan glukosa pada limbah proses. Pemeliharaan *Acetobacter xylinum* tersebut perlu pengontrolan yang seksama agar bakteri tetap hidup.

#### Pembuatan Bioselulosa dari sisa proses

Untuk membuktikan bakteri *Acetobacter xylinum* dapat dikembangkan biakkan, telah dilakukan percobaan penggunaan larutan sisa untuk pembuatan bioselulosa dan hasilnya dibandingkan dengan *Acetobacter xylinum* yang asli. Percobaan dilakukan menggunakan media air kelapa dan cara yang sama. Hasil pengamatan menunjukkan keduanya cukup baik dan tidak ada perbedaan *Acetobacter xylinum* yang baru dan yang sisa. Percobaan selanjutnya telah dicobakan pengenceran terhadap media (air kelapa) menggunakan air sebanyak 20% dan dilakukan pembuatan pada cara yang sama. Hasil pengamatan menunjukkan tidak terjadi pembentukan polimer dan hal ini berarti konsentrasi atau kemurnian air kelapa cukup berpengaruh terhadap pembentukan polimer. Pengenceran *Acetobacter xylinum* dengan air sebanyak lebih dari 6,5% memperlihatkan hasil yang relatif encer atau menemui kegagalan.

#### Pembuatan Membran

Untuk membuat membran dilakukan pengepresan dengan alat press pada tekanan 3000 psi (Gambar 3). Pembuatan membran dilakukan sebagai persiapan untuk pengujian fisika yang meliputi kekuatan, mulur, *work of rupture*, dan *tenacity*, *modulus Young*, dan kecepatan suara.

#### Sifat fisika membran

Dari sampel-sampel bioselulosa dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu bioselulosa yang bersifat keras (solid) dan sifatnya cenderung sukar larut, selanjutnya kelompok ini disebut bioselulosa optimal (Opt), sedangkan bioselulosa yang bersifat elastis dan sifatnya cenderung mudah larut, selanjutnya kelompok ini disebut Bioselulosa larut (L). Kedua kelompok membran tersebut bersama membran pembanding dari selulosa dilakukan pengujian secara fisika dan hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Dari data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa mulur membran bioselulosa larut mempunyai mulur rata-rata paling tinggi yaitu 16,51% dan disusul oleh membran bioselulosa optimal dengan mulur rata-rata 11,01%, dan mulur paling rendah adalah membran dari selulosa dengan nilai 8,39%. Besarnya mulur

Tabel 1. Hasil Uji Produk

Pengujian	Membran Bioselulosa Opt	Membran Bioselulosa Larut	Membran Selulosa (pembanding)	Penelitian Sebelumnya. <sup>3</sup>
Mulur (%)	11,01%	16,51%	8,39%	-
Force (N)	38,81	41,45	38,30	-
Work t rupture (N.cm)	11,17	15,28	8,21	-
Tenacity (cN.Tex)	388,07	414,51	382,98	-
Modulus Young (Gpa)	23,39	24,98	23,08	23,5
Kec.Suara (m/ detik)	4524	4532	4517	4522,67
Ketebalan (mm)	0,2280	0,2295	0,2300	
Lebar rata-rata (mm)	7,245	7,230	7,213	
Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	1,652	1,659	1,665	

pada bioselulosa larut kurang lebih dua kali lipat membran selulosa.



**Gambar 3: Pembuatan Membran Bioselulosa**

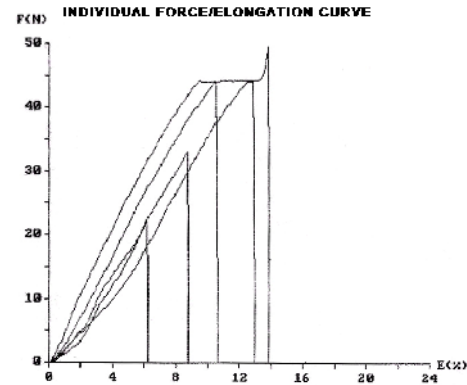
Pengaruh glukosa di dalam polimer yang mempengaruhi kerapatan bioselulosa sehingga tidak padat (solid) menyebabkan pula struktur polimer yang amorf. Polimer yang amorf cenderung labil dan mudah mengalami regangan sehingga mempunyai mulur yang tinggi. Sebaliknya, polimer yang kristalin mempunyai kerapatan tinggi dan kompak sehingga cenderung stabil oleh regangan dan mempunyai mulur yang rendah. Struktur yang amorf juga mempengaruhi sifat kelarutannya. Struktur yang amorf (*bulky*) mempunyai banyak celah yang mudah dimasuki oleh molekul air, semakin banyak molekul air yang dapat masuk kedalam polimer, semakin mudah dilarutkan.

Hasil uji kekuatan menunjukkan bahwa membran bioselulosa larut selain mempunyai mulur paling tinggi ternyata juga mempunyai kekuatan paling tinggi yaitu 41,45 N disusul oleh membran bioselulosa optimal dengan kekuatan 38,81 N dan kekuatan yang paling rendah adalah membran selulosa yaitu bernilai 38,30 N. Dalam hal ini peningkatan kekuatan polimer lebih disebabkan oleh panjang rantai polimer (tingginya berat molekul). Terminasi perlahan-lahan selama 2 hari tanpa gangguan bahan kimia (natrium karbonat) menyebabkan aktifitas bakteri lebih lama dan lebih tuntas. Akibat dari keadaan tersebut dapat meningkatkan panjang rantai bioselulosa lebih tinggi sehingga meningkatkan kekuatannya.

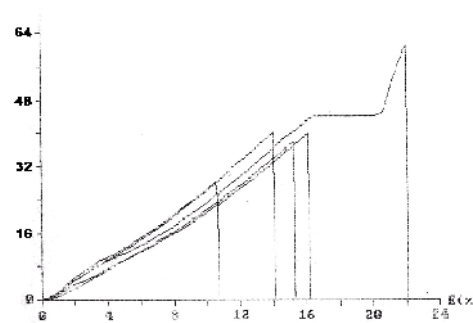
Nilai *Work to Rupture* pada membran bioselulosa larut sebesar 15,28 N.cm. disusul membran optimal sebesar 11,17 N.cm. sedangkan pada membran selulosa hanya 8,21 N.cm. Perbedaan nilai *work to rupture* pada bioselulosa larut dengan membran selulosa cukup signifikan yaitu hampir dua kali lipatnya. Tenacity yang paling tinggi pada bioselulosa larut mempunyai 414,51 cN/Tex disusul oleh bioselulosa optimal sebesar 388,07 cN/Tex, sedangkan yang paling rendah adalah membran selulosa sebesar 382,98 cN/Tex.

Adapun Modulus Young yaitu ukuran kekakuan suatu bahan yang elastis dan merupakan kuantitas yang digunakan

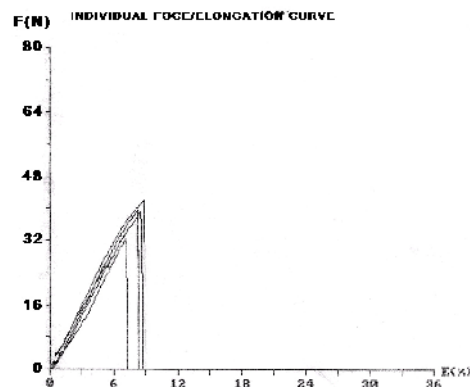
untuk mengkarakterisasi bahan. Dalam pengujian serat tekstil ukuran tersebut biasa disebut modulus elastisitas. Untuk mengukur modulus elastisitas serat, luas permukaan atau diameter serat biasanya dinyatakan dalam g/denier, atau g/tex. Sama halnya untuk mengukur modulus Young perlu diketahui terlebih dahulu luas permukaan produk yang diuji.



bioselulosa tidak larut



bioselulosa larut



membran /kertas selulosa

**Gambar 4. Kurva Stress-Strain Produk yang Diuji**

Dari hasil perhitungan (Tabel 1) diketahui bahwa membran bioselulosa larut mempunyai modulus Young paling tinggi yaitu 24,98 N/mm<sup>2</sup> disusul oleh bioselulosa optimal 23,39 N/mm<sup>2</sup>, dan yang paling rendah adalah membran selulosa sebesar 23,08

N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil uji tersebut diketahui bahwa terminasi secara perlahan-lahan menggunakan aliran air dapat sedikit memperbaiki modulus Young penelitian sebelumnya (23,5 GPa) yaitu sebesar 6,3%,<sup>3</sup> sedangkan kecepatan suaranya naik sekitar 0,03%. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa membran bioselulosa larut adalah yang paling baik sifat fisiknya. Sifat fisik tersebut diperkirakan dapat memenuhi persyaratan untuk keperluan tekstil teknik, salah satu diantaranya adalah untuk membran akustik.

mengindikasikan seberapa besar nilai simpangan baku relatif terhadap rata-ratanya. Makin besar nilai simpangan berarti makin besar pula ketidakrataannya. Sebaran hasil pengukuran dan nilai CV disajikan pada Tabel 2.

Hasil pengujian mulur, kekuatan, *work of rupture*, *tenacity*, dan ketebalan menunjukkan membran bioselulosa mempunyai nilai koefisien variasi (CV) yang lebih besar dibanding membran selulosa. Artinya membran bioselulosa mempunyai kerataannya yang rendah. Penyebab ketidakrataannya membran adalah pembentukan membran bioselulosa

**Tabel 2. Hasil Uji Fisik dan Ketebalan Membran**

Pengujian	Membran bioselulosa opt	Membran bioselulosa larut	Memb.Selulosa pembeding
Mulur (%)	6,66 – 14,64 CV : 20,80	11,23 – 23,31 CV : 26,66	7,33 – 9,04 CV: 7,74
Kekuatan (N)	22,57 – 49,98 CV : 28,19	28,16 – 61,13 CV : 29,08	32,46 – 42,16 CV: 9,41
Work to rupture (N.cm)	3,17 – 21,09 CV : 61,74	7,03 – 29,65 CV : 55,56	5,51 – 10,26 CV : 20,81
Tenacity (cN.tex)	225,73 – 499,84 CV : 28,19	281,61 – 611,35 CV : 29,08	324,56 – 421,58 CV: 9,41
Ketebalan (mm)	0,200 – 0,275 CV : 28,19	0,211 – 0,266 CV : 28,19	0,230 CV: 2,5

#### Kestabilan Membran bioselulosa

Dari hasil pengujian menggunakan *tensile tester* menunjukkan bahwa membran bioselulosa mempunyai sifat mekanik/ fisika yang lebih baik dibanding membran selulosa (pembeding). Menurut Billingham, Herbert W Moeller, Wörner,<sup>6,7,8</sup> polimer yang mempunyai sifat fisika yang baik cenderung mempunyai kestabilan dan keawetan baik. Artinya membran *loud speaker* dari bioselulosa selain mempunyai kualitas suara yang baik juga mempunyai kestabilan yang lebih baik dibanding membran selulosa. Belum diketahui apakah membran bioselulosa tersebut mempunyai kristalinitas yang lebih tinggi dibanding membran selulosa, atau membran bioselulosa tersebut masih dapat ditingkatkan kristalinitasnya melalui cara lain, permasalahan tersebut perlu dibuktikan dan dilakukan melalui penelitian tersendiri.

Dari hasil uji (Tabel 1), membran larut mempunyai mulur, kekuatan, *work of rupture*, *tenacity* yang lebih baik dibanding membran yang tidak larut. Hal ini berarti penetralan dengan alkali lemah (natrium karbonat) menghasilkan membran yang mulurnya dan kekuatannya sedikit lebih rendah, dengan kata lain cenderung lebih getas (*fragile*), namun dibanding membran selulosa, kedua masih jauh lebih baik.

#### Kerataan Membran

Pengukuran sifat fisik terhadap membran bioselulosa maupun membran selulosa sebanyak *n* kali menghasilkan *standar deviation*, rata-rata (*mean*), dan koefisien variasi (*coefficient of variation* atau CV). Koefisien variasi

terjadi oleh aktifitas bakteri yang banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor luar diantaranya kondisi suhu selama proses, pH, maupun keadaan bakteri itu sendiri. Berbeda dengan membran selulosa yang pembuatannya menggunakan peralatan, melalui proses panjang mulai pembuatan pulp, *steeping* (*merceizing*), *shredding*, yang banyak penyaringan dan pengadukan secara sempurna sehingga menghasilkan kerataan yang lebih baik.

Membran bioselulosa yang mudah larut mempunyai sifat fisika (mulur, kekuatan, *work of rupture*, dan *tenacity*) yang lebih baik, dengan kata lain membran bioselulosa mempunyai potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai tekstil teknik. Meskipun demikian, membran bioselulosa yang solid, keras, dan sukar larut tetap berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi tekstil teknik pada penggunaan lain, bergantung sifat dan persyaratan yang dibutuhkan.

#### KESIMPULAN

1. Air kelapa dapat dimanfaatkan menjadi polimer bioselulosa dengan bantuan bakteri *Acetobacter Xylinum* dan glukosa, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan baku tekstil teknik dengan sifat yang bervariasi (elastisitas, mudah larut, sukar larut) melalui pengaturan konsentrasi (glukosa) dan faktor lainnya, serta cara terminasi.
2. Membran bioselulosa mempunyai potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai tekstil teknik karena mempunyai sifat relatif lebih baik dibanding membran selulosa. Sifat fisik yang

terbaik adalah bioselulosa larut dengan kekuatan 41,45 N, mulur 16,51% dan tenacity 414,51 cN.Tex

3. *Terminasi* yang dilakukan secara perlahan-lahan menggunakan perendaman menghasilkan sifat fisik yang lebih baik dibanding cara *quenching* menggunakan natrium karbonat.
4. Pemanfaatan bioselulosa larut sebagai membran *loud speaker* dapat meningkatkan *sound velocity* dengan kecepatan suara mencapai 4532 km/detik dan modulus Young sampai 24,98 N/mm<sup>2</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- <sup>1</sup> Iguchi M.Yawanaka, and Budiono, (2000), "Review Bacterial Cellulose-A Master piece of Natural Art", *J. Material Science*.
- <sup>2</sup> Mitsubishi Chemical Corp. (2010), *Bioselulosa Used for Thin Display Substrate*, In Collaboration With Kyoto University, Three company in Japan, Pioneer Corp.
- <sup>3</sup> Indrarti et al, (1998) "Application of biocellulose as an acoustic membrane", *Indonesian Journal of Biotechnology*, pp 180-184.
- <sup>4</sup> Raghavendra R, Hedge, M.G.Kamath, Atul Dahiya, *Polymer Crystallinity*, <http://web.utk.edu/~mse/Textiles/Polymer> diakses Nov 2011.
- <sup>5</sup> Billingham, (2011), *Polymer Degradation and Stability*, Science Direct, Vol 96, pp 1405-1536.
- <sup>6</sup> Herbert W Moeller, (2008), *Progress in Polymer Degradation and Stability Research*. Nova Science Pub Inc; 1 edition.
- <sup>7</sup> Wörner, E. et al, (2007), *Diamond loudspeaker cones for high-end audio components*, Fraunhofer-Institut IAF, Tullastr. 72, 79108 Freiburg, Germany.
- <sup>8</sup> Prashant R. Chawla, et al, (2008), *Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications*, Food Engineering and Technology Department, Institute of Chemical Technology, University of Mumbai, Matunga, IN-400019 Mumbai, India.
- <sup>9</sup> Yves Termonia, Paul Meakin, Paul Smith, (1985), Theoretical study of the influence of the molecular weight on the maximum tensile strength of polymer fibers, *Macromolecules*, 1985, 18 (11), pp 2246-2252.
- <sup>10</sup> Anonymous, (1989), Standar Nasional Indonesia, SNI 08-0314-1989, Kekuatan Kain.
- <sup>11</sup> Anonymous, (2009), International Standard Organization ISO No. 0276-2009, Cara Uji kekuatan tarik dan Mulur menggunakan tensile Tester.